

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-083223

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.CI.

G05F 1/67
H02M 7/48

(21)Application number : 08-236568

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 06.09.1996

(72)Inventor : NAGAO YOSHITAKA

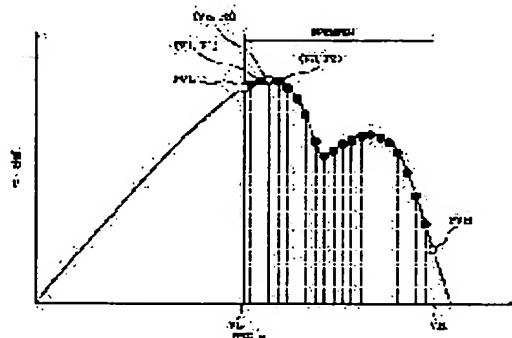
KUROKAMI SEIJI
TAKEHARA NOBUYOSHI
FUKAE KIMITOSHI

(54) POWER CONTROLLER AND PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent an output drop by varying the operation point of a solar battery within a 1st variation range in a 1st period and setting the output voltage so that the electric power becomes maximum, and varying the operation point in a 2nd period when the generated current or power of the solar battery is less than a specific current value.

SOLUTION: In a WAS routine, the voltage and current at the current operation point are sampled to calculate an electric power value. An electric power maximum operation point is detected from the operation point and two operation points nearby the electric power maximum operation point are detected and set as V1 and P1, V2 and P2, and V3 and P3 respectively. On the basis of the three operation points of V1 and P1, V2 and P2, and V3 and P3, a voltage-power characteristic curve is approximated with a secondary curve and the voltage Vpmax at which the electric power of the approximate secondary curve becomes maximum is calculated. Then the voltage Vpmax is set to an operating voltage V and the WAS routine ends. Thus, a wide-range search is made in a long cycle to approximate characteristics of the power curve with a polar function, and the maximum voltage is followed up through WAS control to extract the maximum electric power in case of two peaks.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3554116

[Date of registration] 14.05.2004

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.⁶
 G 0 5 F 1/67
 H 0 2 M 7/48

識別記号 4237-5H
 庁内整理番号 8110-5H

F I
 G 0 5 F 1/67
 H 0 2 M 7/48

技術表示箇所
 A
 J

審査請求 未請求 請求項の数16 O.L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平8-236568

(22)出願日 平成8年(1996)9月6日

(71)出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (72)発明者 長尾 ▲吉▼幸
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
 (72)発明者 黒神 誠路
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
 (72)発明者 竹原 信吾
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
 (74)代理人 弁理士 丸島 儀一

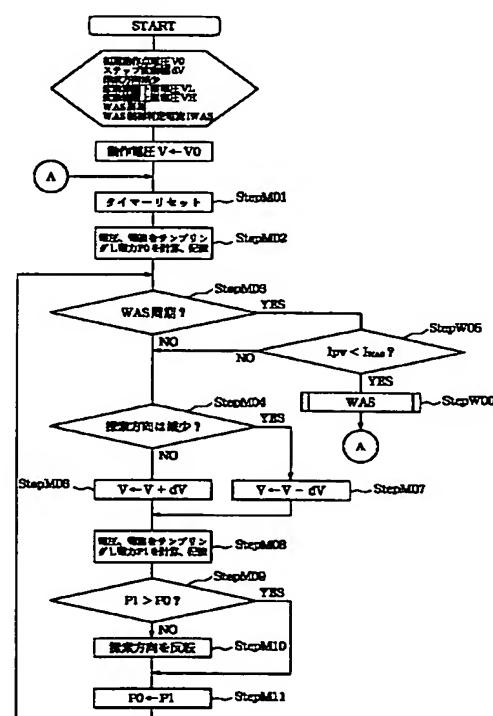
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力制御装置及びそれを用いた太陽光発電システム

(57)【要約】

【課題】 低電流時にも太陽電池から最大出力を取り出す電力制御装置を提供する。

【解決手段】 常時は通常のMPPT制御を行い、低電流時には、前記MPPT制御より長い周期にて広い探索範囲で太陽電池の動作点を変動させて電圧信号及び電流信号を取り込み、電力が複数の極大値を持つ場合で元の動作点が最大電力を得られる点を含む範囲にあるときには元の動作点を選択し、範囲外にある時には別の動作点を選択する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

太陽電池の発生電流または電力が所定の電流値以下または所定の電力値以下の場合、前記第1の周期より長い周期である第2の周期で、前記第1の変動範囲より広い第2の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする電力制御装置。

【請求項2】 太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

太陽電池の発生電流または電力が所定の電流値以下または所定の電力値以下の場合、前記第1の周期より長い周期である第2の周期で、前記第1の変動範囲より広い第2の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、

常時、もしくは所定の電流値または電力値以上のときには、第2の周期より長い周期である第3の周期で、前記第2の変動範囲と等しいかまたはより広い第3の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大になるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする電力制御装置。

【請求項3】 前記制御手段は、前記第2の変動範囲内もしくは第3の変動範囲内の電力の極大値が複数あるかを前記電圧値と前記電流値に基づいて判断し、複数ある場合には前記電圧値および電流値に基づき最大電力点が存在する電圧範囲内に太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする請求項1又は2記載の電力制御装置。

【請求項4】 前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、現在の動作点を基準動作点として電圧値および電流値をサンプリングして記憶し、それぞれ前記第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲で動作点を変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出

し、前記太陽電池の出力電力の極大点および第2の変動範囲端での動作点の電圧値と、電流値もしくは電力値を記憶して、これらの中の最大電力値となるように太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする請求項1又は2記載の電力変換装置。

【請求項5】 前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、それぞれ第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲で、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、サンプリングされたうちの3点以上10の動作点の検出値を用いてその電圧-電力曲線を有極関数により近似し、前記有極関数の極大値の電圧を太陽電池の出力電圧に設定することを特徴とする請求項1又は2記載の電力変換装置。

【請求項6】 前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、前記第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値と電流値をサンプリングして、同一電圧の複数の動作点の電流値の差、または電圧値と電流値の乗算により算出される電力値の差が所定値以上であれば所定回数を上限として前記20サンプリングおよび前記判定をやり直すか、または、設定動作を取り消して元の動作点を設定し、前記電流値の差、もしくは電力値の差が所定値未満であれば、前記電圧値と前記電力値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする請求項1又は2記載の電力制御装置。

【請求項7】 太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

サンプリングされた前記電圧値と電流値をA/D変換して得られたデジタル値から算出した電力値の分解能がCPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長より大きい場合には、前記電力値の分解能を前記CPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長に合致させてから、各種演算を行なう前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする電力制御装置。

【請求項8】 太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

サンプリングされた前記電圧値と電流値をA/D変換して得られたデジタル値から算出した電力値を、所定の電流値以下の場合には、CPU内の算術論理演算装置が処理50できるデータ長で表現が可能になるまで右シフトしてか

ら、各種演算を行なう前記電力変換手段の制御装置と、を有することを特徴とする電力制御装置。

【請求項9】 太陽電池と、該太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

太陽電池の発生電流または電力が所定の電流値以下または所定の電力値以下の場合、前記第1の周期より長い周期である第2の周期で、前記第1の変動範囲より広い第2の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする太陽光発電システム。

【請求項10】 太陽電池と、該太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

太陽電池の発生電流または電力が所定の電流値以下または所定の電力値以下の場合、前記第1の周期より長い周期である第2の周期で、前記第1の変動範囲より広い第2の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、

常時、もしくは所定の電流値または電力値以上のときには、第2の周期より長い周期である第3の周期で、前記第2の変動範囲と等しいかまたはより広い第3の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする太陽光発電システム。

【請求項11】 前記制御手段は、前記第2の変動範囲内もしくは第3の変動範囲内の電力の極大値が複数あるかを前記電圧値と前記電流値に基づいて判断し、複数ある場合には前記電圧値および電流値に基づき最大電力点が存在する電圧範囲内に太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする請求項9又は10記載の太陽光発電システム。

【請求項12】 前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、現在の動作点を基準動作点として電圧値および電流値をサンプリングして記憶し、それぞれ前記第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲で動作

点を変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記太陽電池の出力電力の極大点および第2の変動範囲端での動作点の電圧値と、電流値もしくは電力値を記憶して、これらの中の最大電力値となるように太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする請求項9又は10記載の太陽光発電システム。

【請求項13】 前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、それぞれ第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲で、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、サンプリングされたうちの3点以上の動作点の検出値を用いてその電圧-電力曲線を有極関数により近似し、前記有極関数の極大値の電圧を太陽電池の出力電圧に設定することを特徴とする請求項9又は10記載の太陽光発電システム。

【請求項14】 前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、前記第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値と電流値をサンプリングして、同一電圧の複数の動作点の電流値の差、または電圧値と電流値の乗算により算出される電力値の差が所定値以上であれば所定回数を上限として前記サンプリングおよび前記判定をやり直すか、または、設定動作を取り消して元の動作点を設定し、前記電流値の差、もしくは電力値の差が所定値未満であれば、前記電圧値と前記電力値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする請求項9又は10記載の太陽光発電システム。

【請求項15】 太陽電池と、該太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

サンプリングされた前記電圧値と電流値をA/D変換して得られたデジタル値から算出した電力値の分解能がCPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長より大きい場合には、前記電力値の分解能を前記CPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長に合致させてから、各種演算を行なう前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする太陽光発電システム。

【請求項16】 太陽電池と、該太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、

第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、

サンプリングされた前記電圧値と電流値をA/D変換して得られたデジタル値から算出した電力値を、所定の電

流値以下の場合には、CPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長で表現が可能になるまで右シフトしてから、各種演算を行なう前記電力変換手段の制御装置と、を有することを特徴とする太陽光発電システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電力変換装置を有した太陽光発電システムの電力制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】太陽電池の出力は、日射量、温度、動作点電圧などによりかなり変動するために、太陽電池から見た負荷を調整して、常に最大の電力を取り出すことが要望される。このため、複数の太陽電池から構成される太陽電池アレイの動作点の電圧や電流を変動させて、その時の電力変動を調べて太陽電池アレイの最大電力又は最大電力近傍の動作点を追尾する最大電力点追尾制御、いわゆるMPP制御が提案されている。

【0003】例えば、特公昭63-57807号公報に記載される電力の電圧微分値を利用するものや特開昭62-85312号公報に記載されている電力変化量が正の方向に探索する、いわゆる山登り法などがある。

【0004】また、特開平7-225624号公報に記載されるものにおいては、太陽電圧の開放電圧から最低電圧までの間を極大点を検出し、極大点のなかで最大電力となる極大点の電圧を設定している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の方法には以下の問題点がある。

【0006】太陽電池の発生電力が小さく、電流が少ない場合に、電流検出において、分解能による読み取り精度の問題やノイズの影響から、電流値が正しく検出できないことがあり、通常の最大電力点追尾動作を行なっても、極大点に捕われて、最大点を追尾できないことがあった。

【0007】通常は太陽電池アレイの電圧-電力特性は、図10a（横軸は電圧、縦軸は電力）に示したような形状であるが、低電流時に電流値の分解能の影響で、図10bのように複数の極大点が生じる。また、ノイズなどの影響により、図10cのような極大点が生じることもある。

【0008】このような場合に、従来の山登り法では、動作点を変化させしたことによる電力変化量の正負により、電圧-電力特性曲線の「山」の頂上のある方向を見いだすものであるので、動作点が①または①近傍にある場合には、動作点は①の「山」の頂上を追いかけて、太陽電池アレイからは最大電力を取り出すことが出来る。

【0009】しかし、動作点が②または②近傍にある場合には、動作点は②もしくは③の「山」の頂上を最大電力点と誤認して追従し、太陽電池アレイからは最大電力を取り出すことが出来ない。

【0010】特に、図10bのような場合には、日射量の変化により、図10eのように電圧-電力特性が変化した場合には、動作電圧が上昇する方向に力が働きやすい。

【0011】以上、山登り法での動作について説明したが、電力の電圧微分値を利用する制御方法でも同様の結果となる。

【0012】これに対して、特開平7-225624号公報記載の方法では、複数の「山」の電力の大きいものの頂上を取ることができる。しかし、太陽電池に接続される電力変換装置の動作可能範囲は図10dのように限定されるので、動作可能範囲内での最大電力動作点③は極大点ではなく、前記方法では最大電力を取り出せない。また、前記方法は太陽電池の開放電圧から最低電圧までという極めて広い範囲をスキャンするので、スキャン時の電力損失が懸念される。このため長いインターバルで上記方法を行うと、最適動作点は常時変動するので最適動作点からずれて精密に追尾は出来ず、最大電力を取り出すことができない。また、広範囲を探索する最中に日射変動が生じると、異なった電圧-電力特性での動作点をサンプリングして、それに基づいて動作点を設定するので、誤動作して出力が低下する恐れがある。

【0013】本発明の目的は、従来の太陽電池の電力制御方法の欠点を補完し、太陽電池から最大出力を取り出す電力制御装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する手段は、太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、太陽電池の発生電流または電力が所定の電流値以下または所定の電力値以下の場合、前記第1の周期より長い周期である第2の周期で、前記第1の変動範囲より広い第2の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする電力制御装置である。

【0015】常時、もしくは所定の電流値または電力値以上のときには、前記第2の周期より長い周期である第3の周期で、前記第2の変動範囲と等しいかまたはより広い第3の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値及び電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大になるように太陽電池の出力電圧を設定する前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする。

【0016】前記制御手段は、前記第2の変動範囲内もしくは第3の変動範囲内の電力の極大値が複数あるかを前記電圧値と前記電流値に基づいて判断し、複数ある場

合には前記電圧値および電流値に基づき最大電力点が存在する電圧範囲内に太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする。

【0017】前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、現在の動作点を基準動作点として電圧値および電流値をサンプリングして記憶し、それぞれ前記第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲で動作点を変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、前記太陽電池の出力電力の極大点および第2の変動範囲端での動作点の電圧値と、電流値もしくは電力値を記憶して、これらの中の最大電力値となるように太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする。

【0018】前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、それぞれ第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲で、前記電圧値と前記電流値から各動作点での電力値を算出し、サンプリングされたうちの3点以上の動作点の検出値を用いてその電圧-電力曲線を有極関数により近似し、前記有極関数の極大値の電圧を太陽電池の出力電圧に設定することを特徴とする。

【0019】前記制御手段は、前記第2の周期もしくは第3の周期において、前記第2の変動範囲もしくは第3の変動範囲にて動作点を変動させて電圧値と電流値をサンプリングして、同一電圧の複数の動作点の電流値の差、または電圧値と電流値の乗算により算出される電力値の差が所定値以上であれば所定回数を上限として前記サンプリングおよび前記判定をやり直すか、または、設定動作を取り消して元の動作点を設定し、前記電流値の差、もしくは電力値の差が所定値未満であれば、前記電圧値と前記電力値に基づいて前記太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定することを特徴とする。

【0020】又、太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電圧設定手段と、サンプリングされた前記電圧値と電流値をA/D変換して得られたディジタル値から算出した電力値の分解能がCPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長より大きい場合には、前記電力値の分解能を前記CPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長に合致させてから、各種演算を行なう前記電力変換手段の制御手段と、を有することを特徴とする電力制御装置とする。

【0021】又、太陽電池の出力を変換する電力変換手段と、第1の周期にて太陽電池の動作点を第1変動範囲で変動させて電圧値および電流値をサンプリングし、前記電圧値と前記電流値に基づいて太陽電池からの電力が最大となるように太陽電池の出力電圧を設定する出力電

圧設定手段と、サンプリングされた前記電圧値と電流値をA/D変換して得られたディジタル値から算出した電力値を、所定の電流値以下の場合には、CPU内の算術論理演算装置が処理できるデータ長で表現が可能になるまで右シフトしてから、各種演算を行なう前記電力変換手段の制御装置と、を有することを特徴とする電力制御装置とする。

【0022】

【発明の実施の形態】

10 【実施形態1】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0023】図1に本発明の一実施形態に係る電力制御装置を用いた太陽光発電システムの構成を示す図である。図中、太陽電池1の直流電力は、電力変換手段2にて電力変換され、負荷3に供給される。

【0024】(太陽電池)太陽電池1としては、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、多結晶シリコン、単結晶シリコンあるいは化合物半導体などを用いた太陽電池がある。通常は、複数の太陽電池モジュールを直並列に組み合わせて、所望の電圧および電流が得られるようアレイを構成する。

20 【0025】(電力変換手段)電力変換手段2としては、パワートランジスタ、パワーMOSFET、IGBT、GTOなどの自己消弧型スイッチングデバイスを用いたDC/DCコンバータ、自励式電圧型DC/ACインバータなどがある。この電力変換手段2は、ゲートパルスのON/OFFデューティ比を変えることで電力潮流、入出力電圧、出力周波数などを制御できる。

30 【0026】(負荷)負荷3としては、電熱負荷や電動機負荷あるいは商用交流系統およびそれらの組み合わせなどがある。負荷3が商用交流系統の場合は、系統連系太陽光発電システムと呼ばれおり、系統に投入され得る電力は制限されないので、太陽電池1からより多くの電力を取り出す本発明が適用される対象として非常に好ましい。

【0027】(制御装置)太陽電池1の出力電圧および出力電流は、通常用いられる電圧検出手段4および電流検出手段5により検出された、検出された電圧信号が出力電圧設定手段6および制御手段7に入力され、電流信号は出力電圧設定手段6に入力される。

40 【0028】出力電圧設定手段6は、検出され記憶された電圧信号、電流信号をもとに、電圧設定値を決定する。出力電圧設定手段6は、制御用マイクロコンピュータであり、CPU、RAM、ROM、I/Oなどで構成される。

【0029】制御手段7は、電力変換手段2の出力制御回路とゲート駆動回路である。例えば、出力電圧設定手段6からの電圧設定値と電圧検出手段4からの電圧信号との偏差である電圧誤差信号が入力され、これが零となるように制御するPI制御回路と、PI制御回路からの

出力に応じて三角波比較方式や瞬時電流追従制御などによりゲート駆動用のPWMパルスを生成するPWM回路などからなる。これにより、電力変換手段2のオン/オフデューティ比を制御して、太陽電池の出力電圧を制御する。

【0030】(制御方法) 次に、図2、図3を用いて、本発明の電力制御装置において最大電力が得られる動作点の探索について説明する。図2は、横軸が電圧、縦軸が電力を示しており、電圧-電力出力特性曲線を示している。また、図3、4に本実施形態に係るフローチャートが示されている。

【0031】本発明の実施にあたっては、まず、初期動作電圧V0、ステップ変動幅dV、探索方向、変動範囲下限電圧VL、変動範囲上限電圧VH、探索周期、探索制御判定電流IWASをあらかじめ決めておき、ROMに記憶させておくとよい。初期動作電圧V0は太陽電池アレイの構成によって決められる。

【0032】ステップ変動幅dVは電力変換手段2の動作可能電圧範囲の1乃至3%程度にしておく。探索方向は増加方向、減少方向のどちらでもよい。

【0033】変動範囲下限電圧VLおよび変動範囲上限電圧VHは電力変換手段2の動作可能電圧範囲内で設定する。探索は、通常のMPPT制御よりも長い周期で広範囲に探索する。これをWASとよぶ。その周期は数分程度となるよう設定する。本実施形態の場合、3分とした。

【0034】WAS制御判定電流IWASは、WAS制御を行なうための電流で、ノイズの影響を受けやすい電流範囲や、A/D変換により生じる量子化誤差を無視できない領域を指定する。通常のMPPTのサンプリング電圧の間隔を ΔV 、動作電圧領域をVopr、電流の量子数(=アナログ電流値のフルスケール/分解能)をI1sbとした場合、IWASはおよそ、

$$IWAS = Vopr \times I1sb / \Delta V$$

で求められる。

【0035】電力変換開始時には、動作電圧Vを初期動作電圧V0に設定した後、常時は山登り法によるMPPT制御を行い、時々WAS周期に応じてWAS制御を行う。

【0036】実際の動作は、以下のようになる。

【0037】(1) MPPT制御を開始すると、まず始めに、WAS周期をカウントするタイマーをリセットする(StepM01)。

【0038】(2) 次に、設定されている動作点での電圧、電流をサンプリングし、電力値P0を算出・記憶する(StepM02)。

【0039】(3) 次に、タイマーをみてWAS周期になったか否かを判定する(StepM03)。WAS周期になつてないのであれば通常のMPPT制御を行うものとしてStepM04へ移り、WAS周期であるなら、電流値が所定の電流値以下か調べ(StepM05)、所定の電流値以下ならば、WAS制御を行うものとしてStepW00へ移動しWASルーチン図4には

いる。所定の電流値以上なら通常のMPPT制御を行うものとしてStepM04に移る。WAS周期は長くとてあるので、多くの場合は通常MPPT制御のStepM04へ行く。

【0040】(4) StepM04では、探索方向に応じて分岐し、探索方向が「増加」ならStepM06へ進み、動作点電圧をステップ変動幅dVほど高い電圧に設定し、探索方向が「減少」ならStepM07へ進み、動作点電圧をステップ変動幅dVほど低い電圧に設定する。そして、StepM08に進む。

【0041】(5) 次に、設定されている動作点での電圧および電流をサンプリングし、電力値P1を算出・記憶する(StepM08)。

【0042】(6) 現在の動作点の電力値P1と以前の動作点の電力値P0の電力値を比較する(StepM09)。もし、電力値P1が電力値P0以下であれば、最適動作点を通りすぎたと判断し、StepM10にて探索方向を反転させる。電力値P1が電力値P0より大きいのであれば、最適動作点はまだ先にあるので、探索方向はそのままとして、StepM10はバイパスする。

【0043】(7) そして、電力値P1を電力値P0として記憶してから(StepM11)、StepM03に戻り、上記動作を繰り返す。StepM03において、WAS周期になったと判断する上記と同じく、StepM05の電流判定を行う。

【0044】以下図4を参照して、WASルーチンを説明する。

【0045】(1) WASルーチンでは、まず始めに、現在の動作点の電圧及び電流をサンプリングして電力値を計算し、その電圧値及び電力値を基準動作点電圧VR及び基準動作点電力PRとして記憶する(StepW01)。

【0046】(2) 次に、変動範囲下限電圧VLから変動範囲上限電圧VHの間の変動範囲で動作点を変動させて、電圧及び電流をサンプリングして電力値を計算する。そして、電力値の極大点を検出し、極大点の電圧及び電力を記憶する。また、変動範囲下限電圧VL及び変動範囲上限電圧VHでの動作点の電力値PVL及びPVHを記憶する(StepW02)。

【0047】(3) 次に、極大点の有無を判定し、極大点が無い場合は探索範囲内には複数の山は無いと判断してStepW12へ処理を飛ばし、極大点がある場合には次のStepW03に進む。そして、極大点がある場合は、極大点の数が1つだけか2つ以上あるかに応じて分岐する(StepW04)。

【0048】(4) 極大点の数が1つだけの場合は、前記極大点を前記基準動作点として前記極大点の電圧V極大点1及び電力P極大点1を前記基準動作点電圧VR及び電力PRに設定を行い(StepW08)、次のStepW09へ進む。

【0049】(5) 極大点の数が2つ以上の場合は、前記極大点の電力値P極大点x(x=1, 2, ..., 極大点の数)と前記基準動作点の電力PRを比較し、前記基準動作点電力PRのほうが小さい時には、前記極大点を前記基

準動作点となるよう設定して(StepW07)、次のStepW09へ進む。

【0050】(6) StepW09では、前記基準動作点の電力PRと前記探索範囲下限電圧VLでの電力PVLの大小関係を比較し、前記基準動作点電力PRのほうが小さい時には、前記探索範囲下限電圧VLでの動作点を基準動作点として前記動作点の電圧VR及び電力PRを前記基準動作点の電圧VR及び電力PRに設定して(StepW10)、次のStepW11へ進む。

【0051】(7) StepW11では、前記基準動作点の電力PRと前記探索範囲上限電圧VHでの電力PVHの大小関係を比較し、前記基準動作点電力PRのほうが小さい時には、前記探索範囲上限電圧VHでの動作点を基準動作点として前記動作点の電圧VR及び電力PRを前記基準動作点の電圧VR及び電力PRに設定して(StepW12)、次のStepW13へ進む。

【0052】(8) そして、StepW13で前記基準動作点電圧VRを動作電圧Vに設定して、WASルーチンの処理は終了する。

【0053】(9) StepW00にてWAS制御を行った後は、図3のStepM01に戻りWAS周期をカウントするタイマーをリセットし、前述の動作を繰り返す。

【0054】このように、常時は通常のMPPT制御を行い、長い周期にて広範囲探索し電圧-電力特性の電力カーブの極大点の数から「山」に応じた動作点を設定するWAS制御により、いつもは精密に追従し、複数の「山」があった場合でも時々は極大点及び探索範囲端動作点に基づき最大電力が得られる「山」に移動を行い、太陽電池から最大電力が取り出せることが出来る。

【0055】【実施例1】 $\Delta V=2.5V$ 、 $V_{opr}=150$ 乃至 $180V$ 、 $I_{lsb}=0.034V$ である本実施例の場合、IWASは $2.45A$ となり、マージンを考慮してIWASを $2.5A$ に設定し、WAS制御をこの電流値以下で行うようにした。

【0056】制御用マイクロコンピュータとして、M37710(三菱電機製)を使用した。このマイクロコンピュータは10ビットのA/D変換器と16ビットのCPU(16ビット算術論理演算装置を含む)を内蔵している。この時、電力値を算出すると20ビットになり、本CPUでの処理は、大きな負荷となる。このために、20ビットの電力値を16ビットに丸めてその後の計算を行って、高速処理を可能にした。本実施例の場合、1つの動作点の電圧値と電流値から電力値を算出し、以前の動作点の電力値と比較する時のサイクル数は、20ビットのまま処理した場合の85サイクルに比べて、60サイクルと、約30%高速化できた。このように高速化のためには、どんなCPUであっても電力値のデータ長を算術論理演算装置の幅(処理可能なデータ長)に合わせることが効果的である。例えばCPUが8086なら電力値も16ビット、68040のような32ビットであるものは、電力値を32ビットにすればよい。特に太陽光発電システムの場合、電力変換装置の扱う最大電力は、ほ

ぼ決まっているが、システムの太陽電池の直列数・並列数によって電圧、電流が異なるため、電力制御装置の扱う必要のある電圧・電流範囲が広くなる。このような場合、その範囲に応じて電圧値・電力値のA/D変換器の分解能を上げる必要があるため、このように電力値値を算出してからこのデジタル値を算術論理演算装置のデータ長に合致させ、その後演算処理することが処理の高速化に対して効果がある。

【0057】なお、常時行う通常のMPPT制御は、前記山登り法だけに限定するものではなく、他の方法でもよい。

【0058】【実施形態2】本実施形態の電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、実施形態1と同様に図1のような構成をとる。以下、図5及び図6、7により実施形態1とは違った電力制御方法について説明する。

【0059】図5は、横軸が電圧、縦軸が電力を示しており、電圧-電力出力特性曲線を示している。また、図6、7に本実施形態に係るフローチャートが示されている。

【0060】StepM21からStepM32までの常時行われるMPPT制御は実施形態1と同様の山登り法である。ただし、所定の電流値を基準にWAS制御を行うタイミングを変更する。フローチャートのWAS1周期(StepM05)は、低電流時のノイズの影響や量子化誤差の影響を考慮して数分にする。またWAS2周期は、パーシャルシェードによって電圧-電力特性に複数の極大点を持つ場合に、最大電力点を追尾するために、数十分程度とする。

【0061】続いて、実施形態1と異なるWAS制御(StepW20)について説明する。

【0062】WASルーチンでは、まず初めに、現在の動作点の電圧及び電流をサンプリングして電力値を計算し、その電圧値及び電力値を基準動作点電圧VR及び基準動作点電力PRとして記憶する(StepW21)。

【0063】次に、変動範囲下限電圧VLから変動範囲上限電圧VHの間の変動範囲で動作点を変動させて、電圧及び電流をサンプリングして電力値を計算する。変動範囲下限電圧VLおよび変動範囲上限電圧VHでの動作点の電力値PVL及びPVHを記憶するとともに、もし電力値の極小点が検出されたなら、前記極小点より変動範囲の外側における極大点の動作点を検出して、その電圧V極大点x及び電力P極大点x($x=1, 2, \dots, \text{極大点の数}$)を記憶する(StepW22)。次のStepW23にて極小点の有無を判断して処理を分岐する。

【0064】もし極小点があるのなら、探索した変動範囲内に2つ以上の山が存在しており他の山に最大電力点がある可能性があることを意味しており、以下のように極大点及び探索範囲端の動作点について吟味する。まず、前記極大点の電力P極大点xと前記基準動作点の電力PRを比較し、基準動作点電力PRのほうが小さいなら、前記極大点を前記基準動作点となるよう設定して(StepW2

5)、次のStepW26へ進む。

【0065】StepW26では、前記基準動作点の電力PRと前記探索範囲下限電圧VLでの電力PVLの大小関係を比較し、前記基準動作点電力PRのほうが小さい時には、前記探索範囲下限電圧VLでの動作点を基準動作点として前記動作点の電圧VL及び電力PVLを前記基準動作点の電圧VR及び電力PRに設定して(StepW27)、次のStepW28へ進む。

【0066】StepW28では、前記基準動作点の電力PRと前記探索範囲上限電圧VHでの電力PVHの大小関係を比較し、前記基準動作点電力PRのほうが小さい時には、前記探索範囲上限電圧VHでの動作点を基準動作点として前記動作点の電圧VH及び電力PVHを前記基準動作点の電圧VR及び電力PRに設定して(StepW29)、次のStepW30へ進む。

【0067】もし極小点がないのであれば、探索範囲内には1山しか存在しないので、通常のMPPT制御により最大電力を取り出すことができ、StepW30へ飛ぶ。

【0068】そして、StepW30で前記基準動作点電圧VRを動作電圧VIに設定して、WASルーチンの処理は終了する。

【0069】StepW20にてWAS制御を行った後は、StepM01に戻りWAS周期をカウントするタイマーをリセットし、前述の動作を繰り返す。

【0070】このように、常時は通常のMPPT制御を行い、長い周期にて広範囲探索し電圧-電力特性の電力カーブの極小点の有無を判断し、極大点及び探索範囲端動作点を吟味して、「山」に応じた動作点を設定し、さらに、低電流時とそれ以外でWAS周期を変更することにより、常に精密に追従し、太陽電池から最大電力が取り出せることが出来る。

【0071】【実施形態3】本実施形態の電力制御方法を用いた太陽光発電システムは、実施形態1及び2と同様に図1のような構成をとる。以下、図8及び図9により実施形態1及び2とは違った電力制御方法について説明する。

【0072】図8は、横軸が電圧、縦軸が電力を示しており、電圧-電力出力特性曲線を示している。また、図9に本実施形態に係るフローチャートが示されている。常時行われるMPPT制御は実施形態1または実施形態2と同様の山登り法であり、実施例1及び2と異なるWAS制御について説明する。

【0073】WASルーチンでは、まず初めに、現在の動作点の電圧及び電流をサンプリングして電力値を計算する。(StepW41)。

【0074】次に、検出された動作点の中から電力が最大となる動作点を検出し(StepW42)、前記検出電力最大動作点及び前記検出電力最大動作点のすぐ近傍の2つの動作点を抽出し、各々(V1, P1) (V2, P2) (V3, P3)に設定する(StepW43)。

【0075】上記(V1, P1) (V2, P2) (V3, P3)の3つの動作点をもとに電圧-電力特性曲線を二次曲線により近似し、前記近似二次曲線の電力が最大となる電圧V_{pm_{ax}}を算出する(StepW44, StepW45)。

【0076】そして、StepW46で前記V_{pm_{ax}}を動作電圧Vに設定して、WASルーチンの処理は終了する。

【0077】WAS制御を行った後は、StepM01に戻りタイマーをリセットし、前述の動作を繰り返す。

【0078】このように、常時は通常のMPPT制御を行い、長い周期にて広範囲探索し電圧-電力特性の電力カーブを有極関数により特性を近似して近似曲線が最大となる電圧を動作点を設定するWAS制御により、いつもは精密に追従し、「2山」があった場合でも時々は最大電力が得られる「山」に移動を行い、太陽電池から最大電力が取り出せることが出来る。

【0079】【実施例2】本実施例で使用の制御用マイクロコンピュータ(M37710、三菱電機製)は、10ビットのA/D変換器と16ビットのCPU(16ビット算術論理演算装置を含む)を内蔵している。この時、電力値を算出すると20ビットになり、そのままのデータ処理では、16ビットのCPUでは、大きな負荷となる。

【0080】本実施例の場合、電流値のフルスケールが35Aに設定してあるので、2分の1の17.5A以下、4分の1の8.75A以下を閾値にして、20ビットの電力値のデジタル値を右シフトのビット演算を行い、最下位から20ビット目の値がそれぞれ17ビット目、18ビット目にくるようにして、これらのデジタル値を16ビットとして扱って、疑似的に精度を上げた。この時、2つの領域にまたがるときには、右シフト量の大きい方に合わせるとよい。

【0081】このようにして、疑似的に精度を上げることにより、曲線近似を行うMPPT制御の精度を上げることができる。

【0082】

【発明の効果】

(1) 本発明の電力制御装置では、第1の周期の短い周期にて第1の変動範囲の狭い動作点変動範囲にてMPPT制御を行うことで、常時は精密に太陽電池の最適動作点を追尾する。

【0083】(2) また、低電流時には、第1の周期と比較して長い周期の第2の周期にて、第1の変動範囲より広い第2の変動範囲の動作点変動範囲を探索し、電力の極大点の数により複数の山があるかどうかを判断し、複数の極大点が存在する場合には最も電力が大きい「山」の動作点を設定することで、太陽電池から最大電力を取り出しができる。

【0084】(3) また、あらかじめ定めた電流時以上または常時、第2の周期より長い第3の周期にて、第2の変動範囲と等しいか広い第3の変動範囲の動作点変動範囲を探索し、太陽電池に陰ができるパーシャルシェード

により、電圧-電力特性に複数の極大点を持った場合にも、電力の極大点があるかどうかを判断し、電力が大きいほうの「山」の動作点を設定することで、太陽電池から最大電力を取り出すことができる。

【0085】(4) また、第1の周期と比較して長い周期の第2の周期にて、第1の変動範囲と広い第2の変動範囲の動作点変動範囲を探索し、探索範囲の一部または全部の電圧-電力特性曲線の有極な近似曲線の極大点の電圧に動作点を設定することにより、太陽電池から最大電力を取り出すことができる。

【0086】(5) さらに、同じ電圧の複数の動作点の電流値または電力値の差に基づき日射変動の有無を判定することにより誤動作を抑制し、出力低下を抑制出来る。

【0087】(6) 更に、高分解能でAD変換を行った後の電流値と電力値のディジタル値より電力値を算出した後、CPUの並列処理能力(CPU内の算術論理演算装置で処理できるデータ長)に合致するようにしたため、高速演算が可能になり、日射変動に強いMPPT制御を行うことができる。

【0088】(7) プログラムのステップ数を減らすことができて、プログラムに必要なメモリの量が減らすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電力制御方法を使用した太陽光発電システムの一例である。

【図2】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の例である。

【図3】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の例を説明するフローチャートである。

【図4】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の例を説明するフローチャートである。

【図5】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の他の例である。

【図6】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の例を説明するフローチャートである。

【図7】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の例を説明するフローチャートである。

【図8】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の他の例である。

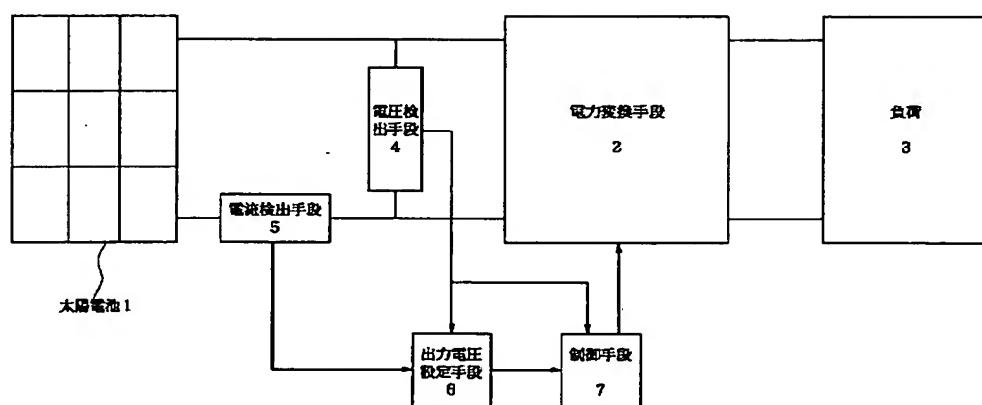
【図9】本発明の電力制御方法の最適動作点探索の例を説明するフローチャートである。

【図10】太陽電池の電圧-電力特性の例である。

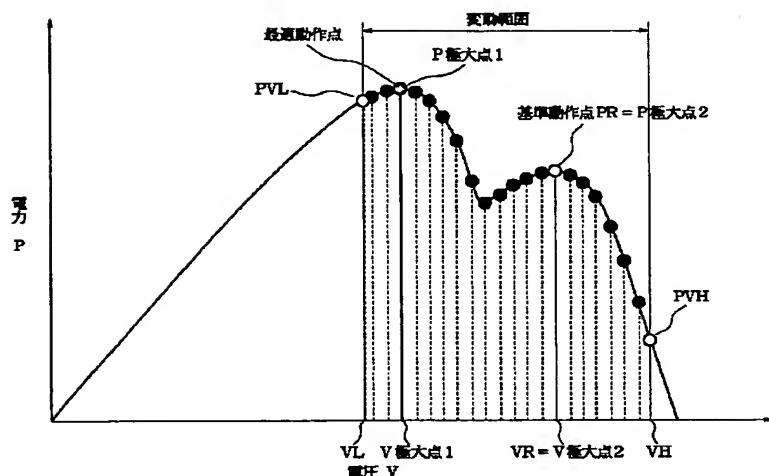
【符号の説明】

- 1 太陽電池
- 2 電力変換手段
- 3 負荷
- 4 電圧検出手段
- 5 電流検出手段
- 6 出力電圧設定手段
- 7 制御手段

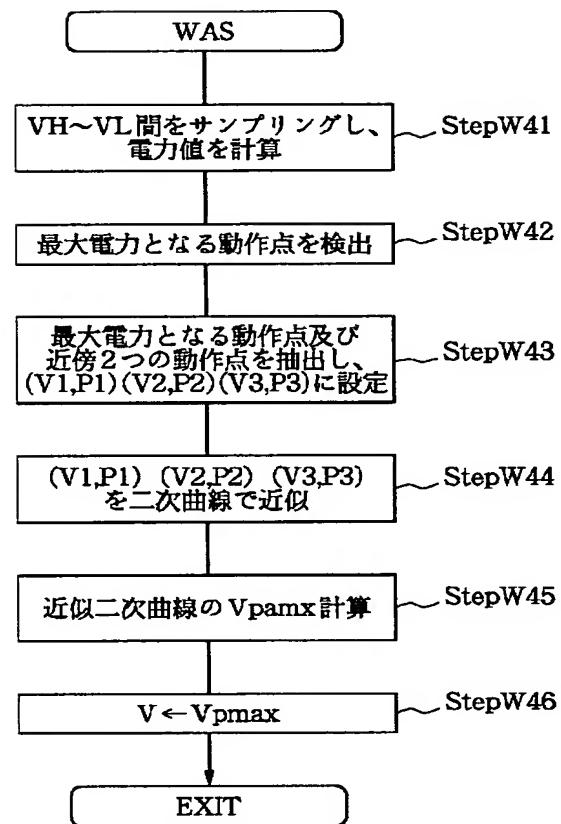
【図1】



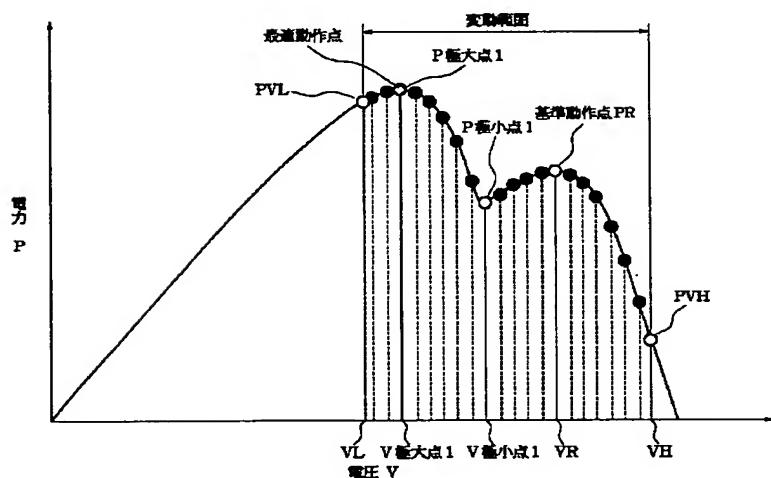
【図2】



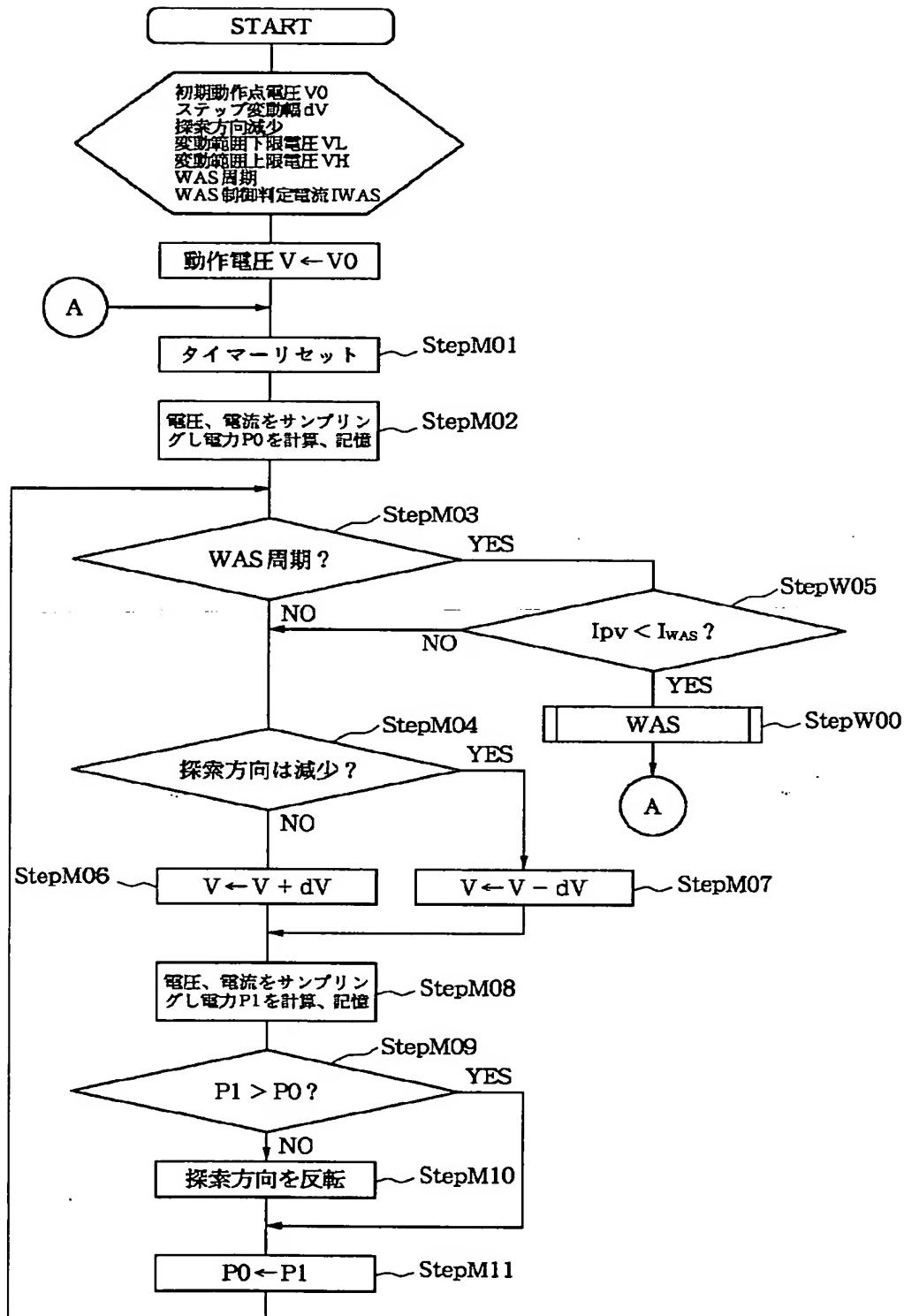
【図9】



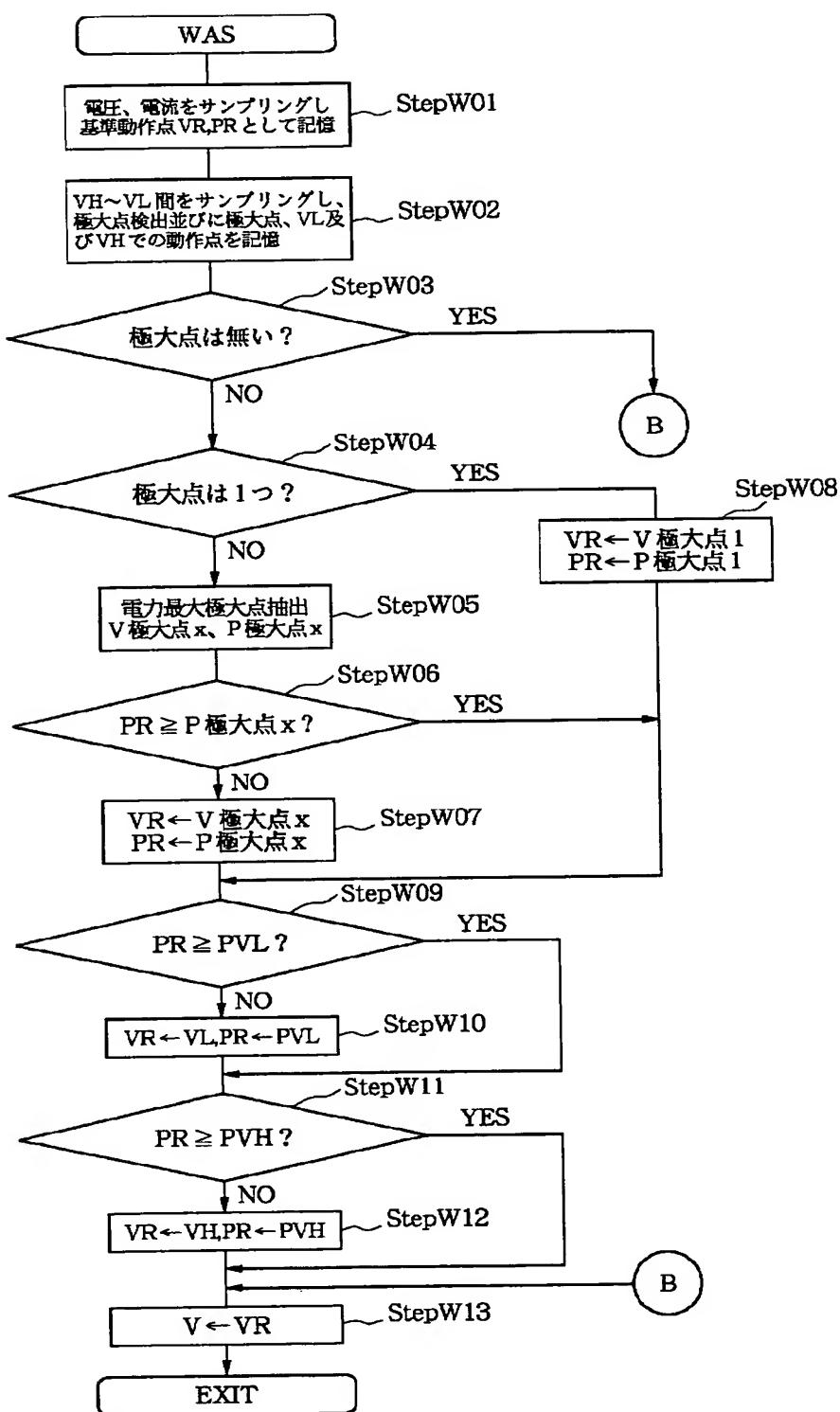
【図5】



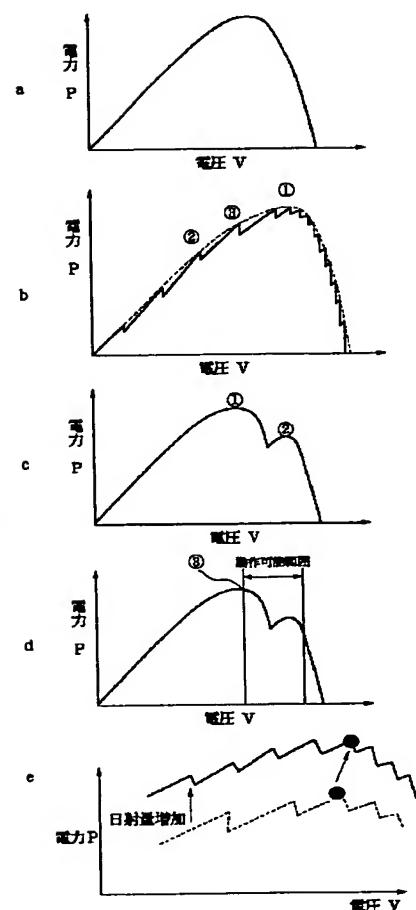
【図3】



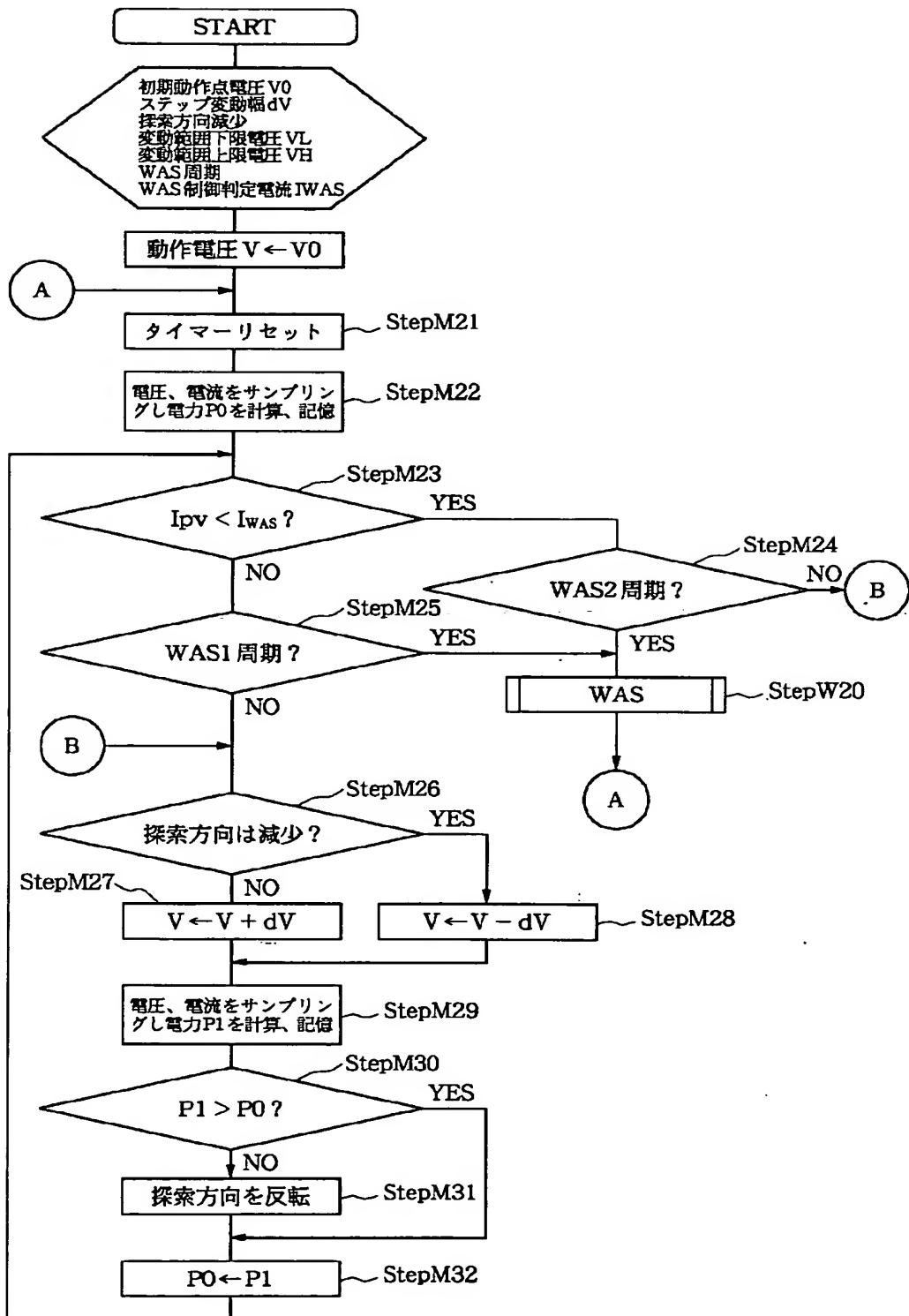
【図4】



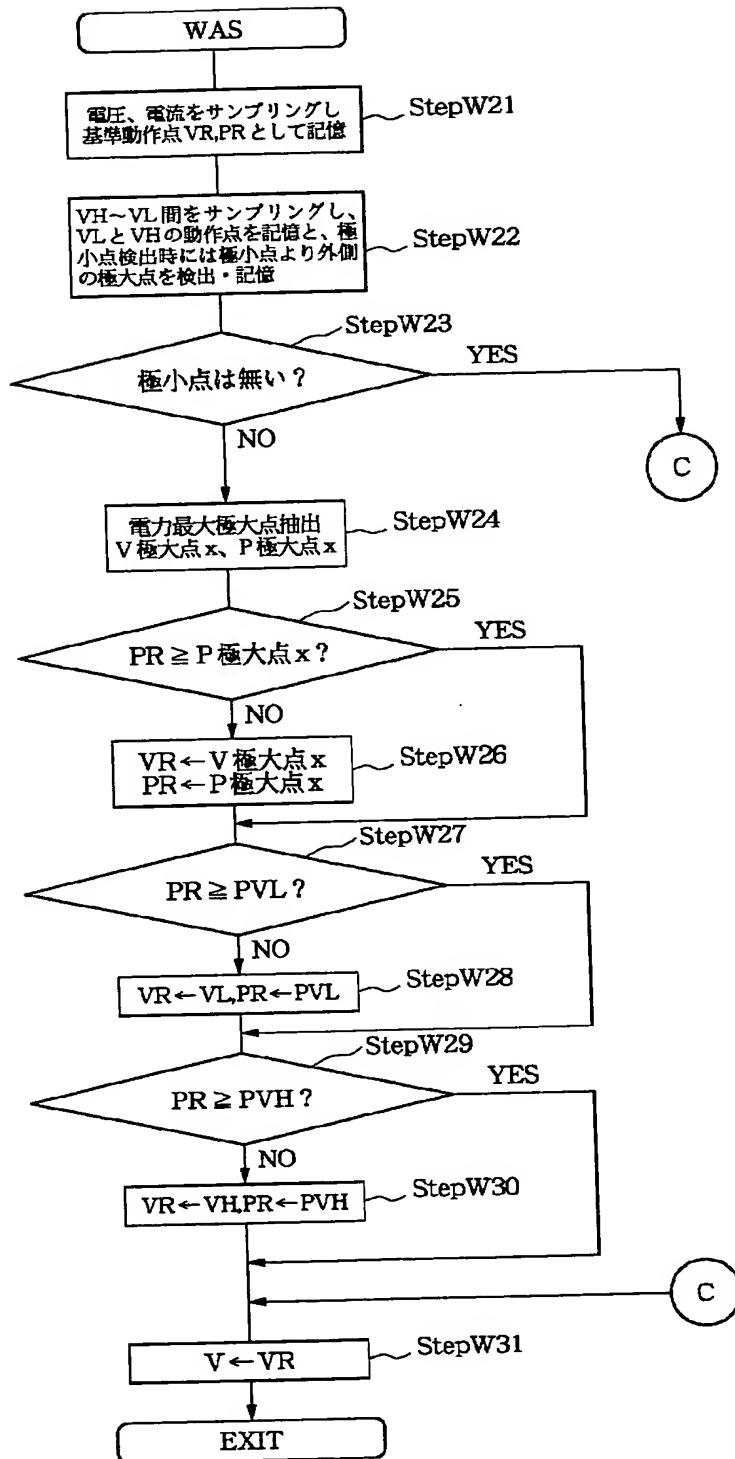
【図10】



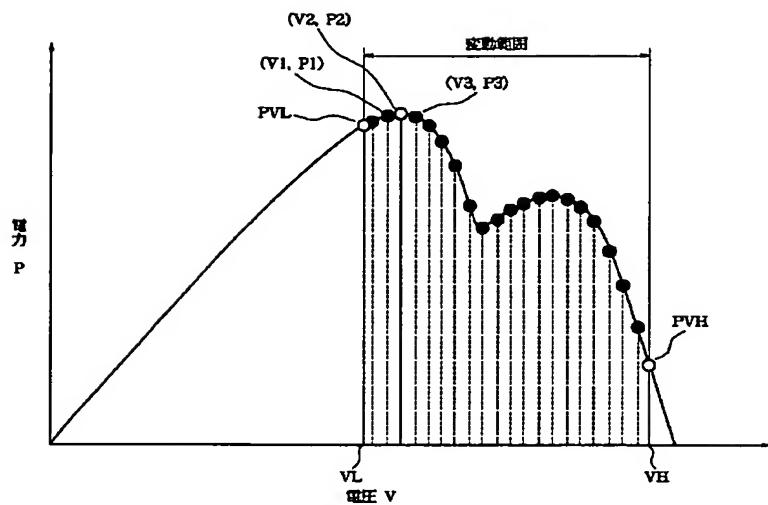
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 深江 公俊

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)